

Optimasi Pembentukan Lapisan Boron P+ pada Permukaan Belakang Sel Surya untuk Peningkatan Efisiensi Sel Surya berbasis Wafer Silikon Monokristal

Ari Bimo Prakoso¹, Ferdiansjah², Faridah³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Fisika FT UGM
Jln. Grafika 2 Yogyakarta 55281 INDONESIA

¹aribimop@yahoo.com

²ferdiansjah@ugm.ac.id

³faridah@ugm.ac.id

Intisari— Efisiensi sel surya dapat ditingkatkan dengan mengurangi rekombinasi pada permukaan belakang dari sel surya. Salah satu strategi yang dapat digunakan untuk mengurangi rekombinasi pada permukaan belakang adalah dengan mengurangi konsentrasi pembawa muatan minoritas di bagian permukaan belakang sel surya. Kondisi ini dapat dicapai dengan membuat lapisan boron p+ pada permukaan belakang sel surya yang memiliki konsentrasi lebih tinggi daripada basis dan memiliki tipe doping yang sama, dikenal sebagai lapisan *boron -back surface field* (B-BSF). Saat ini berdasarkan kecenderungan eksperimental, didapatkan bahwa peningkatan konsentrasi doping dan ketebalan lapisan B-BSF akan meningkatkan efisiensi sel surya. Akan tetapi, pada proses fabrikasi B-BSF eksperimental, ditemukan bahwa meningkatkan ketebalan lapisan BSF sangat sulit dan meningkatkan biaya. Oleh karena itu diperlukan studi untuk menganalisis sampai batas mana usaha untuk meningkatkan ketebalan lapisan BSF secara eksperimental dapat memberikan peningkatan nilai efisiensi yang memadai untuk digunakan pada industri sel surya di masa depan. Pada penelitian ini telah dilakukan analisis secara simulasi, pengaruh ketebalan dan konsentrasi lapisan boron BSF terhadap efisiensi pada sel surya berbasis wafer silikon monokristal. Simulasi dilakukan menggunakan perangkat lunak PC1D. Simulasi dilakukan pada wafer 300 mikron dengan doping dasar tipe-p $1,50 \times 10^{16}/\text{cm}^3$ dan emitter tipe-n dengan ketebalan 1,56 mikron dan konsentrasi doping $7,5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ yang memiliki efisiensi 16,30%. Hasil simulasi menunjukkan bahwa secara umum semakin tebal lapisan boron p+ dan semakin tinggi konsentrasi dopingnya, effisiensinya akan semakin meningkat. Pengecualian terdapat pada ketebalan lapisan diatas 220 mikron dan konsentrasi diatas $1,26 \times 10^{19}/\text{cm}^3$. Hasil ini sesuai dengan kecenderungan eksperimental dan memprediksikan bahwa kecenderungan ini akan berlanjut sampai nilai ketebalan lapisan BSF yang sangat ekstrim. Akan tetapi ditemukan bahwa laju peningkatan efisiensi terhadap peningkatan ketebalan lapisan BSF mengalami penurunan secara signifikan setelah ditingkatkan melebihi ketebalan 20 mikron. Selanjutnya optimasi dilakukan untuk memaksimalkan efisiensi sel surya terhadap variasi dari ketebalan dan konsentrasi. Ditetapkan tiga pembatas yakni konsentrasi doping, ketebalan lapisan dan peningkatan efisiensi marjinal terhadap peningkatan ketebalan lapisan. Untuk konsentrasi doping N_{BSF} dibatasi $10^{17}/\text{cm}^3 \leq N_{\text{BSF}} \leq 10^{20}/\text{cm}^3$ dan ketebalan lapisan W_{BSF} dibatasi sampai 20 mikron. Sebagai pertimbangan kompromi antara usaha untuk peningkatan efisiensi dan kemudahan dalam pembuatan lapisan BSF, ditetapkan bahwa nilai optimum harus memberikan peningkatan efisiensi marjinal terhadap peningkatan ketebalan lapisan lebih besar atau sama dengan 0,01%/mikron. Optimasi matematis dilakukan dengan metode *brute force search*. Berdasarkan hasil optimasi, direkomendasikan untuk meningkatkan ketebalan lapisan boron hingga 20 mikron dan meningkatkan konsentrasi sampai $3,40 \times 10^{18}/\text{cm}^3$. Apabila rekomendasi desain dapat dipenuhi, efisiensi sel surya dengan boron p+ dapat ditingkatkan hingga 17,58%.

Kata kunci— sel surya, rekombinasi permukaan, *boron - back surface field*, ketebalan lapisan, konsentrasi doping, PC1D

I. PENDAHULUAN

Peningkatan efisiensi pada sel surya dapat dicapai dengan pengurangan rekombinasi pada permukaan belakang dari sel surya. Rekombinasi adalah suatu proses dimana pasangan elektron dan hole bebas yang telah ditimbulkan oleh penyerapan cahaya bergabung kembali sehingga energinya terbuang dalam bentuk lain. Salah satu prinsip mengurangi rekombinasi pada permukaan belakang adalah dengan mengurangi konsentrasi pembawa muatan minoritas di permukaan belakang.

Pengurangan konsentrasi pembawa muatan minoritas ini dapat dilakukan dengan membuat lapisan pada permukaan

belakang yang memiliki konsentrasi doping lebih tinggi daripada basis dan memiliki tipe doping yang sama, dikenal sebagai lapisan *back surface field* (BSF).

Pengaruh BSF terhadap efisiensi sel surya ditentukan oleh ketebalan dan konsentrasi lapisan BSF. Pada penelitian ini telah dilakukan optimasi ketebalan dan konsentrasi lapisan BSF dengan tipe Boron BSF (B-BSF) untuk meningkatkan efisiensi sel surya. Pertimbangan yang digunakan adalah karena lapisan Boron-BSF diharapkan dapat menghasilkan efisiensi yang lebih tinggi dibandingkan Aluminium-BSF. Untuk kesederhanaan istilah, pada makalah ini istilah BSF digunakan mengacu pada Boron BSF kecuali dijelaskan selain itu. Simulasi dilakukan pada sel surya berbasis wafer silikon